

09/700566  
PCT/JP00/01587

REC'D 09 MAY 2000 15.03.00  
WFO 庁 PCT

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JP00/01587

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 6月24日

EU

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第178226号

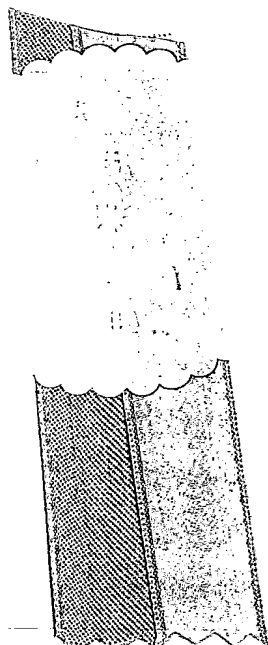
出 願 人

Applicant (s):

住友特殊金属株式会社

PRIORITY  
DOCUMENT

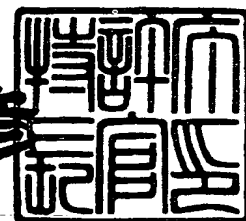
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



2000年 4月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3027970

【書類名】 特許願

【整理番号】 SS099054

【提出日】 平成11年 6月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C22C 38/08

【発明の名称】 疲労特性に優れたマルエージング鋼およびその製造方法

【請求項の数】 2

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府吹田市南吹田2丁目19番1号 住友特殊金属株式会社 吹田製作所内

    【氏名】 植田 雅巳

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府吹田市南吹田2丁目19番1号 住友特殊金属株式会社 吹田製作所内

    【氏名】 平野 健治

【特許出願人】

    【識別番号】 000183417

    【氏名又は名称】 住友特殊金属株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100101395

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 本田 龍雄

    【電話番号】 06-6328-8200

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 040017

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

特平 11-178226

【物件名】	要約書	1
【ブルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 疲労特性に優れたマルエージング鋼およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化学成分が重量%で、

C : 0.01%以下、

Ni : 8~19%、

Co : 8~20%、

Mo : 2~9%、

Ti : 0.1~2%、

Al : 0.15%以下、

N : 0.003%以下、

O : 0.0015%以下

を含み残部実質的に Fe よりなり、非金属介在物の大きさをその周長を円周とする相当円の直径で表したとき、非金属介在物の大きさが  $30\mu\text{m}$  以下である疲労特性に優れたマルエージング鋼。

【請求項 2】 鋼塊頂部の周長に相当する円周を有する相当円の直径を  $D_1$ 、鋼塊底部の周長に相当する円周を有する相当円の直径を  $D_2$ 、鋼塊高さを  $H$ 、 $H/2$  位置における鋼塊の周長に相当する円周を有する相当円の直径を  $D$ 、 $H/2$  位置における鋼塊の長辺長さおよび短辺長さをそれぞれ  $W_1$ 、 $W_2$  とするとき

テーパ  $T_p = (D_1 - D_2) \times 100 / H$  が 5.0~25.0%、高径比  $R_h = H / D$  が 1.0~3.0、扁平比  $B = W_1 / W_2$  が 1.5 以下となる鑄型を用いて、請求項 1 に記載した化学成分を有する鋼の溶湯を鑄造する疲労特性に優れたマルエージング鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は疲労特性に優れたマルエージング鋼とその製造方法に関する。

【0002】

## 【従来の技術】

マルエージング鋼は、極低炭素-Niあるいは極低炭素-Ni-Crからなる韌性に富んだマルテンサイト母相に、TiあるいはMo等の金属間化合物を析出させることにより強化を図った鋼で、韌性に富み、高い強度を有する。しかも溶接性が良好で、熱処理による寸法変化が小さいなど今までになかった種々の特長を有する。このため、宇宙開発、海洋開発、原子力利用分野、航空機関係、自動車関係等の先端的技術分野の構造部材から、圧力容器、工具、押し出し用ラム、ダイス等の多岐の分野にわたり広範な用途への適用が試みられている。

## 【0003】

しかしながら、マルエージング鋼はその高強度と強化機構に起因して以下のような問題をかかえている。すなわち高強度になると材料中の非金属介在物に敏感になり、その応力集中によって疲労強度が低下し、引いては耐久性が劣化する傾向がある。

## 【0004】

そこで、かかる問題を解決するため、真空誘導溶解法(VIM)により溶解した後、真空アーク再溶解法(VAR)により再溶解して、NやOを低減規制することにより非金属介在物清浄度を向上させ、これによって疲労破壊の起点となる非金属介在物の量を低減し、疲労特性の改善が図られている。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記の技術により、ある程度の耐久性の向上が図られたが、近年、機械や構造物の使用条件が過酷になり、材料の強度特性に対する要求が厳しくなっており、機械機器や構造物の長期安定性を保証するため、耐久性のより一層の向上を図るべく、優れた疲労特性を有する機械構造用マルエージング鋼の開発が要望されるに至っている。また、従来の製造方法では、真空誘導溶解後に真空アーク再溶解を行うため、特殊な真空アーク再溶解設備が必要であり、生産性も低いという問題がある。

## 【0006】

本発明はかかる問題に鑑みなされたものであり、優れた疲労特性を有する機械

構造用マルエージング鋼、および真空アーク再溶解を行うことなく、通常の溶解設備で生産性に優れた機械構造用マルエージング鋼を製造することができる方法を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

疲労は非金属介在物が起点となって亀裂が進行し、破壊に至る現象であり、従来、上記のように非金属介在物の量を抑制することで、疲労寿命の向上を図っていた。しかし、本発明者らの調査によると、単に非金属介在物の量を抑制しただけでは疲労寿命の向上には限界があり、その大きさを抑制することが有効であることを見出し、非金属介在物の大きさと疲労強度との関係に着目して鋭意研究した結果、本発明を完成するに至った。

【0008】

すなわち、請求項1に記載した本発明のマルエージング鋼は、化学成分が重量%で、

C: 0.01%以下、

Ni: 8~19%、

Co: 8~20%、

Mo: 2~9%、

Ti: 0.1~2%、

Al: 0.15%以下、

N: 0.003%以下、

O: 0.0015%以下

を含み残部実質的にFeよりなり、非金属介在物の大きさをその周長を円周とする相当円の直径で表したとき、非金属介在物の大きさが $30\mu\text{m}$ 以下とされたものである。

【0009】

ここで、本発明のマルエージング鋼の成分限定理由(wt%)について説明する。

C: 0.01%以下

Cは炭化物を形成し、金属間化合物の析出量を減少させて疲労強度を低下させるため少ないほど好ましく、本発明では0.01%以下、好ましくは0.005%以下に止める。

【0010】

Ni: 8~19%

Niは靱性の高い母相組織を形成させるためには不可欠の元素であり、8%未満では過少で靱性が劣化する。一方、過多に添加すると母相にマルテンサイト以外にオーステナイトが生じるようになり強度が低下する。このため、Ni含有範囲の下限を8%、好ましくは12%、より好ましくは16%とし、その上限を19%とする。

【0011】

Co: 8~20%

CoはMoを含む金属間化合物の析出を促進し、強度を向上させる。8%未満では強度低下を生じ、一方20%を越えて添加すると靱性が低下する。このため、Co含有範囲の下限を8%とし、その上限を20%、好ましくは15%とする。

【0012】

Mo: 2~9%

Moは時効処理によって $Fe_2Mo$ 、 $Ni_3Mo$ を析出し、鋼の強化に有効な元素である。その含有量が2%未満では強化が不十分となり、一方9%を越えると鋼中のミクロ偏析が増大し、靱性を低下させる。したがってMo含有範囲の下限を2%、好ましくは3%とし、その上限を9%、好ましくは6%とする。

【0013】

Ti: 0.1~2%

Tiは時効処理によって $Ni_3Ti$ 、 $NiT_i$ を析出して、Moと同様鋼の強化に有効な元素である。その含有量が0.1%未満では強化が不十分となるため、Ti含有範囲の下限を0.1%、好ましくは0.3%とする。一方、2%を超えると鋼中のミクロ偏析の増大が顕著となり、靱性と疲労強度を低下させる。しかもTi(C, N)系非金属介在物が増加し、耐久性を劣化させる。したがって

、Ti含有範囲の上限を2%、好ましくは1.2%とする。

【0014】

Al: 0.15%以下

Alは脱酸に有効であるが、0.15%を超えるとアルミナ系酸化物が多くなり、耐久性を低下させるので、上限を0.15%とする。

【0015】

N: 0.003%以下

Nは疲労強度に悪影響を与える有害元素で、0.003%以下に低減することが重要である。0.003%を超えると、主にTiNが急激に増加し、しかもこれが点列状となるため、疲労強度は著しく低下する。疲労強度に対してはNが少ないほど有利であり、好ましくは0.002%以下、より好ましくは0.001%以下とすることで耐久性がより一段と向上する。

【0016】

O: 0.0015%以下

Oは酸化物系非金属介在物を形成し、0.0015%以下と低くすることが重要である。0.0015%を超えると疲労強度が著しく低下する。疲労強度に対してはOが少ないほど有利であり、好ましくは0.0010%以下とすることにより耐久性が更に改善される。

【0017】

なお、不純物であるSi、Mnはいずれも $SiO_2$ 、MnO、MnS等の非金属介在物を形成し、疲労強度を低下させるので、少ない程好ましく、それぞれ0.05%以下、好ましくは0.02%以下に止めるのがよい。また、P、Sについても、粒界脆化や非金属介在物形成のために疲労強度を低下させるので、少ない程好ましく、それぞれ0.01%以下、好ましくは0.002%以下に止めるのがよい。

【0018】

本発明のマルエージング鋼は上記化学成分を有し、その母相は実質的にマルテンサイト単相からなるものであるが、非金属介在物の大きさを、その周長を円周とする相当円の直径で表したとき、非金属介在物の大きさが $30\mu m$ 以下とされ



る。

#### 【0019】

疲労強度に関する長い歴史のなかで、炭素鋼などにおける疲労強度は疲労亀裂を発生させる限界の応力と考えられてきたが、最近では、亀裂発生限界応力ではなく発生した亀裂が伝播を停止する限界の応力であると認識されている。発生した亀裂が伝播を停止している状態は、材料がその亀裂という欠陥を含んでいるということでもあり、もともと自ら作った欠陥の進展で自分自身の疲労強度を決めていると解釈することができる。このため材料が繰り返し負荷を受ける際に自ら作る停留亀裂より大きい非金属介在物が材料中に存在すると、疲労強度が低下する。この場合、後述の実施例から明らかなとおり、非金属介在物の大きさが $30.0\mu\text{m}$ を超えると急激に疲労強度が低下するようになる。このため、本発明では非金属介在物の大きさの上限を $30.0\mu\text{m}$ 、好ましくは $20\mu\text{m}$ 、より好ましくは $10\mu\text{m}$ とする。特に、製品板厚が $0.5\text{mm}$ 以下の薄板となると、疲労強度に及ぼす非金属介在物の悪影響が著しくなるので、 $10\mu\text{m}$ 以下とするのがよい。

#### 【0020】

請求項2に記載したマルエージング鋼の製造方法は、図1に示すように、鋼塊頂部の周長 $L_1$ に相当する円周を有する相当円の直径を $D_1$ 、鋼塊底部の周長 $L_2$ に相当する円周を有する相当円の直径を $D_2$ 、鋼塊高さを $H$ 、 $H/2$ 位置における鋼塊の周長に相当する円周を有する相当円の直径を $D$ 、 $H/2$ 位置における鋼塊の長辺長さおよび短辺長さをそれぞれ $W_1$ 、 $W_2$ とすると、テーパ $T_p = (D_1 - D_2) \times 100 / H$ が $5.0 \sim 25.0\%$ 、高径比 $R_h = H / D$ が $1.0 \sim 3.0$ 、扁平比 $B = W_1 / W_2$ が $1.5$ 以下となる鋳型を用いて、請求項1に記載した化学成分を有する鋼の溶湯を鋳造するものである。

#### 【0021】

本発明にかかる鋳型の寸法限定理由を説明するに際し、まず、鋳型を規定する寸法パラメータとして、テーパ $T_p$ 、高径比 $R_h$ 、扁平比 $B$ を選んだ理由を説明する。

#### 【0022】

製品の健全性や品質維持に大きな影響をあたえる鋼塊の不均質性の原因は、鋼塊の凝固に際しての鋼の物理的および化学的性質の変化に基づくものである。鋼の液体および固体における各種元素の溶解度および拡散速度、密度、熱伝導度などの相違は各種元素の偏析、引け巣、パイプ、気泡、非金属介在物などの欠陥を生じ、鋼塊の不均質性の原因となる。一般に、良質な鋼塊を得るためには、溶鋼の十分な精錬が基礎となるが、均質かつ欠陥の少ないものを得るためには上記の理由により溶鋼の凝固過程の適切な制御が必要である。

#### 【0023】

溶湯が鋳型に注湯されると、まず鋳型壁上で核生成した無秩序な成長方向を有するチル層が形成され、その後柱状晶帯が形成される。柱状晶は鋳型に熱が流れた結果、成長したものであるから、鋳型壁に対してほぼ垂直に、すなわち熱抽出と反対の方向に成長している。また非金属介在物は柱状晶の成長方向に浮上分離していく。このため、鋳型のテーパー（両側テーパー） $T_p$ を非金属介在物の浮上分離に関与する寸法パラメータの一つとして採用した。

#### 【0024】

また、鋳型内における縦凝固速度と横凝固速度とのバランスも非金属介在物の浮上分離に関与する要因の一つと考えられる。すなわち、鋳型内で非金属介在物を浮上分離させるためには、溶湯を底部から順次上方に向かって凝固させなければならない。そこで、縦凝固速度に関係する高径比 $R_h$ と横凝固速度に関係する扁平比 $B$ をも鋳型の寸法パラメータとして選んだ。

#### 【0025】

後述の実施例から明らかなように、テーパー $T_p$ を5.0%以上、好ましくは10%以上とし、高径比 $R_h$ を3.0以下、好ましくは2.5以下とし、また扁平比 $B$ を1.5以下、好ましくは1.2以下とすることで、大形の非金属介在物が速やかに鋼塊内部から上部へ浮上分離され、鋼塊内部には大きさが $30.0\mu\text{m}$ 以下の小形の非金属介在物しか残存しないようになる。一方、 $T_p$ が25.0%を超えると、テーパーが大きくなり過ぎ、鋼塊の肩部の吊り切れ現象（凝固収縮に伴う鋼塊本体の沈下が鋳型で局部的に阻止されて、それ以下の部分の重量に耐えられないで生じる横割れ）が発生するようになる。このため、 $T_p$ の上限を

25.0%、好ましくは20%以下とする。また、高径比 $R_h$ が1.0未満では、鋼塊内部に引け巣が発生するようになるので、 $R_h$ の下限を1.0、好ましくは1.5とする。なお、従来の鑄型は、テーパー $T_p$ が3%程度のものが一般的である。

#### 【0026】

この製造方法によると、真空誘導溶解により溶解した溶湯を、真空アーク再溶解を行うことなく、上記所定の鑄型に鑄造するだけで、非金属介在物の大きさが $30.0\mu\text{m}$ 以下のマルエージング鋼を容易に製造することができる。なお、鑄造片は、必要に応じて熱間鍛造された後、ソーキングが施され、その後、適宜、熱間圧延や冷間圧延が施されて製品板厚に加工される。

#### 【0027】

##### 【実施例】

下記表1の化学成分の鋼の溶湯を真空誘導溶解により溶解し、表2に示すテーパー $T_p$ 、高径比 $R_h$ 、扁平比 $B$ を有する種々の鑄型に注湯し、その鑄造片(500kgf)を熱間鍛造し、さらに必要に応じてソーキングした後、熱間圧延および冷間圧延を施して板厚0.3mmの薄板に加工した。この薄板から圧延方向に沿って長さ100mm、幅10mmの試験片を採取し、 $820^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ の溶体化処理を行い、 $480^{\circ}\text{C}\times 4\text{hr}$ の時効処理を施した後、 $450^{\circ}\text{C}\times 6\text{hr}$ の $\text{NH}_3$ ガス窒化処理を施した。

#### 【0028】

こうして得られた試料を用いて疲労強度を評価した。疲労強度は、片振り試験の繰り返し数 $10^7$ 回に対する時間強度によって評価した。また、非金属介在物の大きさは、片振り試験片の破断面をSEM(走査型電子顕微鏡)によって観察し、破断の起因になった非金属介在物を特定し、その周長を円周とする相当円の直径を非金属介在物の大きさとして求めた。これらの調査結果を表2に示す。また、強度水準毎に、非金属介在物の大きさと疲労強度との関係を整理したグラフを図2に示す。

【0029】

【表1】

鋼塊 No.	化 学 成 分 ( wt%, 残部: 実質的に Fe )								強度水準 kgf/mm <sup>2</sup>
	C	Ni	Co	Mo	Ti	Al	N	O	
A	0.005	13.3	14.7	2.4	0.2	0.08	0.0028	0.0013	150級
B	0.003	17.8	8.9	4.8	0.4	0.12	0.0017	0.0006	200級
C	0.008	17.6	12.3	3.8	1.7	0.10	0.0015	0.0005	230級
D	0.006	8.2	18.3	9.0	0.8	0.05	0.0021	0.0008	270級

【0030】

【表2】

試料 No.	鋼塊 No.	鋼 塊 条 件			介在物の 大きさ μm	疲労強度 kgf/mm <sup>2</sup>	備 考
		テーパー Tp %	高径比 Rh	扁平比 B			
1	A	17.6	1.9	1.2	3.2	60.1	発明例
2	"	11.1	2.5	1.0	9.8	58.8	"
3	"	5.5	2.5	1.0	25.2	54.4	"
4	"	3.7	2.8	1.7	37.2	35.4	比較例
5	B	8.3	1.8	1.5	28.4	76.5	発明例
6	"	14.7	1.9	1.1	8.6	82.3	"
7	"	5.8	3.3	2.0	50.5	43.2	比較例
8	"	1.5	3.4	1.4	95.6	36.7	"
9	C	9.3	2.3	1.3	22.3	83.8	発明例
10	"	14.7	2.8	1.3	11.1	90.6	"
11	"	9.0	1.5	1.8	45.8	45.2	比較例
12	"	10.4	4.1	1.4	117.0	32.1	"
13	D	7.5	3.0	1.5	28.5	94.0	発明例
14	"	17.5	1.7	1.4	15.2	105.2	"
15	"	3.2	2.1	1.2	42.7	51.2	比較例
16	"	2.7	3.8	2.3	106.4	44.8	"

【0031】

表2および図2より、非金属介在物の大きさが30.0μmを境として、それ

以下で疲労強度が著しく向上しており、発明例では優れた疲労強度を有することがわかる。

【 0 0 3 2 】

【発明の効果】

以上説明したとおり、本発明のマルエージング鋼によれば、化学成分をNおよびOが規制された所定成分としたので、非金属介在物清浄度が向上するとともに、非金属介在物の大きさを $30.0\mu\text{m}$ 以下に規制したので、疲労破壊の起点となる非金属介在物の発生が抑制、防止されるため優れた疲労特性を備えたものとなる。また、本発明の製造方法によれば、上記マルエージング鋼を通常の溶解設備を用いて容易に製造することができ、生産性に優れる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

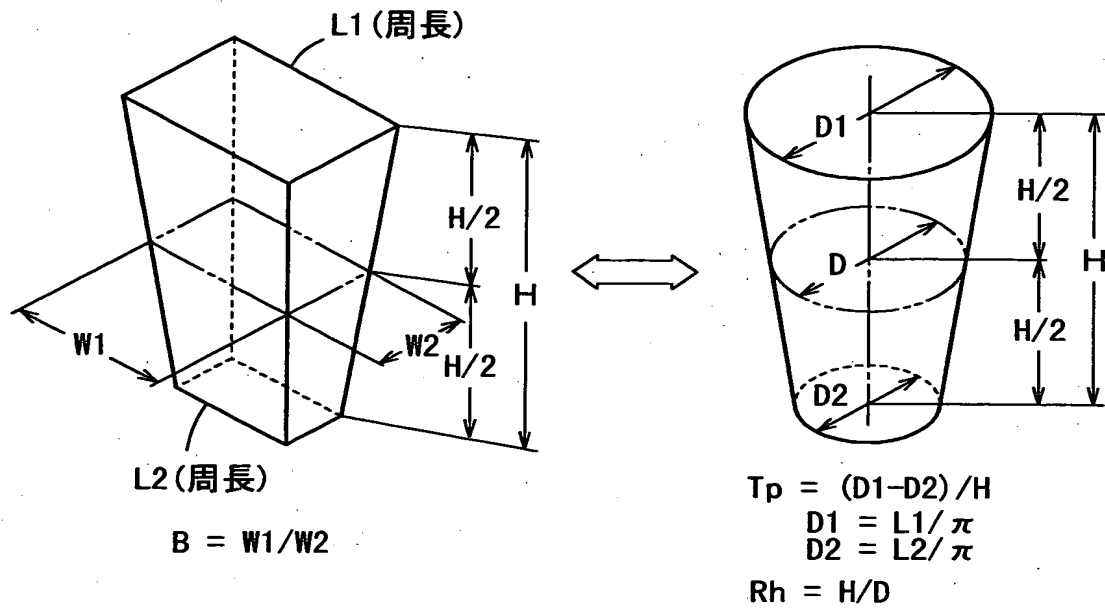
鋳型の寸法パラメータを説明する鋼塊の斜視図である。

【図 2】

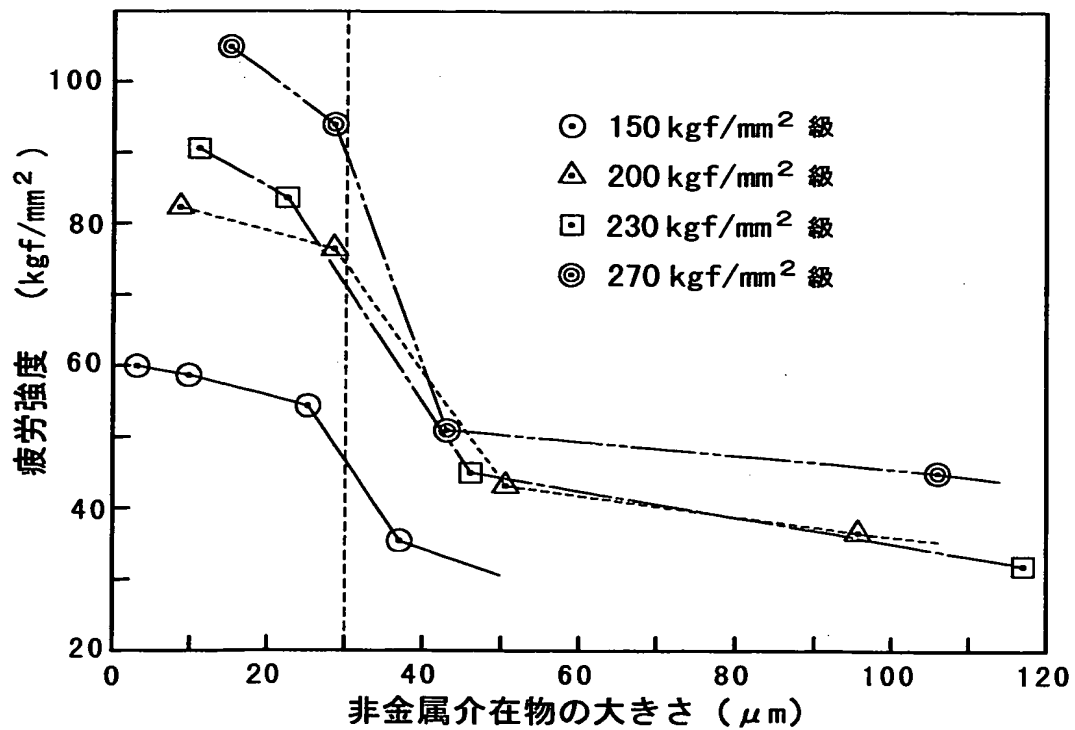
実施例における非金属介在物の大きさと疲労強度との関係を示すグラフである。

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 優れた疲労特性を有するマルエージング鋼およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明のマルエージング鋼は、化学成分が重量%で、C : 0. 0 1 %以下、Ni : 8 ~ 1 9 %、Co : 8 ~ 2 0 %、Mo : 2 ~ 9 %、Ti : 0. 1 ~ 2 %、Al : 0. 1 5 %以下、N : 0. 0 0 3 %以下、O : 0. 0 0 1 5 %以下を含み残部実質的にFeよりなり、非金属介在物の大きさをその周長を円周とする相当円の直径で表したとき、非金属介在物の大きさが $30\mu\text{m}$ 以下とされたものである。上記マルエージング鋼は、テーパー $T_p = (D_1 - D_2) \times 100 / H$ が5. 0 ~ 2 5. 0 %、高径比 $R_h = H / D$ が1. 0 ~ 3. 0、扁平比 $B = W_1 / W_2$ が1. 5以下となる鋳型を用いて鋳造することにより容易に製造される。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第178226号
受付番号	59900604134
書類名	特許願
担当官	小菅 博 2143
作成日	平成11年 7月 7日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000183417

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

【氏名又は名称】

住友特殊金属株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100101395

【住所又は居所】

大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目18番27号

新大阪丸ビル新館6階

【氏名又は名称】

本田 ▲龍▼雄



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000183417]

1. 変更年月日 1990年 8月13日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

氏 名 住友特殊金属株式会社

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**